

LAPORAN TUGAS PRARANCANGAN PABRIK

**PRARANCANGAN PABRIK BUTIL ASETAT DARI ASAM
ASETAT DAN BUTANOL DENGAN PROSES BATCH
KAPASITAS 13.150 TON/TAHUN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Oleh :

D I N A R N O

D 500 040 001

Dosen Pembimbing :

Ir. H. Ahmad M. Fuadi, M.T.

Kusmiyati, S.T., M.T., Ph.D.

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2009**



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang, saat ini sedang berada pada suatu tahap yang penting dalam memasuki era industrialisasi. Tahap yang sering disebut sebagai tahap tinggal landas, yaitu suatu keadaan dimana sektor industri mampu tumbuh dan berkembang dengan tersedianya berbagai modal utama yang dimiliki. Dalam melaksanakan tahap ini, pemerintah Indonesia melakukan pengembangan dalam berbagai bidang, termasuk di sektor industri. Salah satunya adalah dengan cara memenuhi kebutuhan bahan-bahan industri melalui pendirian pabrik-pabrik kimia.

Jumlah dan kebutuhan bahan industri yang belum dapat dipenuhi sendiri cukup banyak dan biasanya diperoleh dengan cara impor dari negara-negara produsen yang sudah maju. Seperti halnya dengan butil asetat, yang pada akhir-akhir ini kebutuhannya semakin lama semakin meningkat.

Butil asetat merupakan senyawa yang diperoleh dari proses esterifikasi asam asetat dan butanol, melalui proses *batch* maupun kontinyu. Butil asetat merupakan *solvent* dengan titik didih menengah (*medium boiling solvent*), yang secara cepat melarutkan resin-resin dan memberikan ketahanan pada lapisan pelindung. Dengan kecepatan relative penguapan 1,0 (butil asetat adalah *solvent* standar untuk menentukan kecepatan penguapan *solvent*), butil asetat menguap cukup cepat sehingga menghasilkan lapisan pelindung yang cepat mengering, tetapi tidak sampai mengakibatkan perubahan warna (kemerahan) pada kondisi normal.

Butil asetat merupakan *solvent* yang aktif untuk *film former* seperti selulosa nitrat, selulosa asetat butirat, etil selulosa, *chlorinated rubber*, *polystyrene* dan resin *methacrylate*. Beberapa getah alam seperti kauri, manila, poutianak dan damar larut dalam butil asetat.



Sebagai *protective coating*, butil asetat dapat digunakan pada kerajinan kulit, tekstil dan plastik. Dapat juga digunakan sebagai *solvent* ekstraksi pada proses bermacam-macam minyak dan obat-obatan. Kegunaan lainnya sebagai bahan untuk parfum, dan sebagai komponen pada aroma sintetis seperti aprikot, pisang, pir, nanas, delima dan *rashberry* (Mc Ketta, 1977).

Sampai saat ini, di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi butil asetat, sedangkan kebutuhan butil asetat di Indonesia diperkirakan akan terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri yang menggunakannya, oleh karena itu pendirian pabrik perlu dilakukan. Banyaknya tenaga kerja Indonesia yang membutuhkan pekerjaan dengan didirikannya pabrik ini diharapkan dapat menyerap tenaga kerja hingga mengurangi pengangguran.

1.2 Kapasitas Pabrik

Dalam pemilihan kapasitas pabrik butil asetat ada beberapa pertimbangan yang perlu di perhatikan, yaitu :

- Prediksi kebutuhan dalam negeri
- Ketersediaan bahan baku
- Kapasitas minimal

1.2.1 Prediksi Kebutuhan Dalam Negeri

Konsumsi butil asetat diperkirakan akan terus meningkat dalam beberapa tahun mendatang, dalam hal ini ada kaitannya dengan perkembangan industri *coating* dan plastik yang terus berlangsung. Sehingga butil asetat yang digunakan sebagai pelarut pada industri tersebut dan industri lainnya akan terus mengalami peningkatan tiap tahunnya, untuk memenuhi kebutuhan tersebut didapat dari pabrik yang sudah ada dan impor dari luar negeri.



Berdasarkan data yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik mengenai impor butil asetat di Indonesia dari tahun 2002 – 2006 adalah sebagai berikut :

Tabel 1.1. Kebutuhan Butil Asetat di Indonesia

No	Tahun	Kebutuhan Impor (Ton)
1	2002	2.869,672
2	2003	2.400,633
3	2004	1.964,141
4	2005	2.420,648
5	2006	2.698,076

(Sumber: Biro Pusat Statistik 2002-2006)

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Untuk memenuhi kebutuhan bahan baku butanol diperoleh dari PT Petro Oxo Nusantara di Gresik, sedangkan asam asetat diperoleh dari PT Indo Acidatama Chemical Industry di Surakarta.

1.2.3 Kapasitas Minimal

Sampai saat ini, di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi butil asetat, sedangkan kebutuhan akan butil asetat diperkirakan terus meningkat sesuai dengan banyaknya industri maupun pihak-pihak yang memerlukannya. Untuk memenuhi kebutuhan butil asetat dalam negeri, negara Indonesia masih harus mengimpor. Data impor butil asetat ditunjukkan pada tabel 1.2.



Tabel 1.2. Kapasitas Pabrik Butil Asetat di Luar Negeri

No	Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
1	Celanese	Bishop, Texas	6.803,89
2	Tennessee Eastmen Company	Kingsport, Tennessee	6.803,89
3	Publicker	Philadelphia, Pennsylvania	6.803,89
4	Union Carbide	West Virginia, Texas City, Texas	22.679,6

(Mc Ketta, 1977)

Dengan pertimbangan kebutuhan butil asetat di dalam negeri dan kapasitas pabrik minimal yang sudah ada, maka dalam perancangan pabrik ini dipilih kapasitas 13.150 ton per tahun, dengan pertimbangan :

1. Dapat mencukupi kebutuhan butil asetat dalam negeri.
2. Dapat merangsang berdirinya industri-industri lainnya yang menggunakan butil asetat terutama pada penyediaan bahan baku.
3. Menghemat devisa negara sekaligus menambah devisa dengan melakukan ekspor ke luar negeri.
4. Membuka lapangan kerja baru, sehingga menurunkan tingkat pengangguran.

1.3 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik secara geografis dapat berpengaruh terhadap kelangsungan dan perkembangan pabrik tersebut. Untuk itu, pemilihan lokasi pabrik perlu dipertimbangkan agar memberikan keuntungan yang sebesar-besarnya bagi perusahaan.



Pabrik butil asetat ini direncanakan berdiri di kawasan industri Gresik kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur. Dipilihnya Gresik sebagai lokasi pabrik berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :

a. Faktor Utama

1. Penyediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan operasi pabrik. Bahan baku asam astetat diperoleh dari PT Indo Acidatama Chemical Industry yang berada di Surakarta, sedangkan butanol diperoleh dari PT Petro Oxo Nusantara di Gresik. Lokasi kedua pabrik tersebut dekat dengan pabrik yang akan didirikan sehingga memudahkan transportasi.

2. Utilitas

Gresik merupakan salah satu kawasan industri di Indonesia, sehingga penyediaan utilitas seperti bahan bakar dan listrik dapat dengan mudah terpenuhi dan tidak mengalami kesulitan. Sedangkan air untuk proses produksi maupun karyawan diperoleh dari air laut karena daerah Gresik dekat dengan laut.

3. Transportasi

Gresik merupakan daerah yang mudah dijangkau karena telah ada sarana transportasi darat dan laut yang cukup memadai. Sehingga untuk transportasi pemenuhan bahan baku maupun pemasaran produk dapat dengan mudah dilaksanakan.

4. Tenaga kerja

Penyediaan tenaga kerja tingkat rendah, menengah maupun tenaga ahli tidak sulit diperoleh, mengingat lokasi pabrik berada di kawasan industri yang memungkinkan didatangkan dari pulau Jawa yang selalu memiliki tenaga kerja berlebih setiap waktu. Diharapkan juga dengan adanya pabrik ini, dapat mengurangi pengangguran di Indonesia, khususnya pulau Jawa.



5. Prasarana

Prasarana dan fasilitas sosial lainnya di sekitar lokasi pabrik sudah berkembang dikarenakan berada di kawasan industri Gresik.

6. Pemasaran Produk

Gresik dilewati jalur utara transportasi, sehingga pemasaran butil asetat tidak menjadi masalah. Didukung oleh sarana transportasi yang memadai, distribusi atau pemasaran produk di pulau Jawa dan luar pulau Jawa cukup baik, karena ada sarana pelabuhan laut (pelabuhan Tanjung perak) untuk pemasaran luar pulau Jawa.

7. Kemasyarakatan

Keadaan sosial kemasyarakatan sudah terbiasa dengan lingkungan industri, sehingga pendirian pabrik baru dapat diterima dan dapat beradaptasi dengan cepat dan mudah.

b. Faktor Pendukung

1. Perijinan dan Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik merupakan salah satu usaha untuk mewujudkan kebijakan pemerintah mengenai pengembangan industri dan pemerataan kesempatan kerja.

2. Perluasan Pabrik

Pendirian pabrik haruslah memperhitungkan rencana perluasan pabrik tersebut dalam jangka waktu 10 sampai 20 tahun ke depan (jangka panjang), karena apabila suatu saat nanti akan memperluas area pabrik tidak mengalami kesulitan dalam mencari lahan perluasan.

3. Kondisi Iklim

Kondisi alam (iklim) dari suatu area yang akan dibangun pabrik haruslah mendukung, dalam arti kondisinya tidak terlalu mengganggu jalannya operasi pabrik.



4. Pembuangan Limbah

Penanganan masalah limbah tidak menjadi masalah karena lokasi pabrik dekat dengan laut.

5. Energi

Penyediaan energi merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik. Untuk memenuhi kebutuhan listrik diambil dari Perusahaan Listrik Negara.

6. Perpajakan

Pajak yang dibayarkan akan lebih murah, karena Gresik merupakan kawasan industri sehingga pembayaran pajaknya lebih dipermudah.

7. Korosifitas

Lokasi kawasan industri Gresik tidak berada tepat di tepi laut, sehingga korosifitas yang utamanya disebabkan oleh air laut tidak begitu berpengaruh.

8. Perawatan

Pabrik mempunyai bengkel perawatan sendiri, apabila tidak dapat dilakukan sendiri di Gresik terdapat bengkel yang dapat menangani peralatan-peralatan besar.

9. Biaya Konstruksi

Biaya konstruksi bisa lebih murah, karena kawasan industri Gresik tidak terlalu jauh dari pelabuhan sehingga biaya pengangkutan alat ke lokasi dapat lebih murah.

10. Kondisi Daerah Lokasi

Keadaan sekitar lahan pabrik haruslah diamati dan dimengerti, dengan maksud agar pada saat pabrik telah berdiri tidak ada masalah yang akan berkembang.

11. Bahaya Banjir dan Kebakaran

Pabrik yang akan didirikan harus memperhatikan keselamatannya. Gresik tidak termasuk daerah rawan banjir dan di kawasan ini



memiliki keselamatan terpadu untuk menjaga dari hal-hal yang berbahaya.

1.4 Tinjauan Pustaka

Suatu ester asam karboksilat ialah suatu senyawa yang mengandung gugus $\text{-CO}_2\text{R}$ dengan R dapat berbentuk alkil maupun aril. Suatu ester dapat dibentuk dengan reaksi antara suatu asam karboksilat dan suatu alkohol, dengan suatu reaksi yang disebut reaksi esterifikasi (Fessenden & Fessenden, 1999).

Reaksi esterifikasi bersifat *reversible*, untuk memperoleh rendemen tinggi dari ester itu, kesetimbangan harus digeser ke arah ester. Satu teknik untuk mencapai ini adalah menggunakan salah satu zat pereaksi yang murah yang berlebihan. Teknik lain adalah membuang salah satu produk dari dalam campuran reaksi (Fessenden & Fessenden, 1999). Berdasarkan titik didihnya, ester dapat dibedakan menjadi 3, yaitu:

a. Ester dengan titik didih rendah (*low boiling ester*)

Ester ini didistilasi dalam labu distilasi, maka akan keluar sebagai distilat yang cukup tinggi kemurniannya. Alkohol dan sisa asam tetap tinggal dalam labu distilasi.

Contoh : metil asetat, etil asetat, metil format.

b. Ester dengan titik didih sedang (*medium boiling ester*)

Ester di distilasi dalam sebuah labu distilasi maka ester akan keluar bersama alkohol, air serta sisa asam, dimana campuran tersebut komposisinya mempunyai titik didih yang hampir sama dan fraksi mol campuran dalam fase uap dan cair yang sama.

Cara yang dapat ditempuh adalah dengan:

1. Ditambah zat ketiga yang dapat bereaksi dengan salah satu komponen.
2. Ditambah zat ketiga yang tidak dapat larut dalam masing-masing komponen (contoh: alkohol-air, zat ketiganya CaO atau benzene).

Contoh : tert butil asetat, etil propionat.

c. Ester dengan titik didih tinggi (*high boiling ester*)

Ester ini dipisahkan dengan penguapan dan penambahan benzene sehingga sisa asam, alkohol, dan air menguap, sedang ester tetap tinggal dalam distilator.

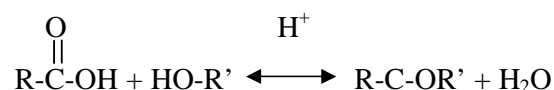
Contoh : etil pelargonat, n-Oktil asetat.

(Kirk & Othmer, 1952)

Beberapa macam metode esterifikasi antara lain :

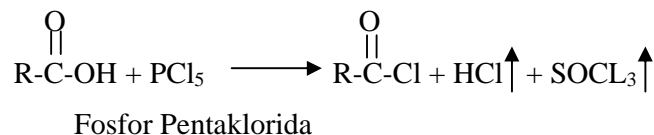
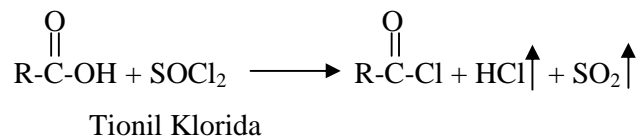
a. Cara Fischer

Jika asam karboksilat dan alkohol dan katalis asam (biasanya HCl atau H₂SO₄) dipanaskan, terdapat kesetimbangan dengan ester dan air.



b. Esterifikasi dengan asil halide

Asil halida adalah turunan asam karboksilat yang paling reaktif. Asil klorida lebih murah dibandingkan dengan asil halida lain. Asil halida biasanya dibuat dari asam dengan tionil klorida atau fosfor pentaklorida.



(Hart Harold, 1990)

Ada empat macam butil asetat : butil asetat, iso-butil asetat, sec-butil asetat, dan tert-butil asetat. Pada umumnya hanya butil asetat dan iso-butil asetat yang diproduksi secara komersial.



Butil asetat merupakan senyawa yang diperoleh dari proses esterifikasi asam asetat dan butanol, melalui proses batch maupun kontinyu. Butil asetat mempunyai rumus kimia $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ dengan berat molekul 116,16 gram/mol merupakan cairan yang tidak berwarna (Mc Ketta, 1977).

1.4.1 Macam-macam Proses

Pembuatan butil asetat adalah dengan proses esterifikasi menggunakan bahan baku butanol dan asam asetat dengan katalisator asam sulfat. Untuk menyempurnakan reaksi, salah satu reaktan diberikan berlebih. Ada 2 macam proses pembuatan butil asetat ini, yaitu :

1). Proses Batch

Asam asetat, butil alkohol, dan katalis dimasukkan dalam reaktor dengan jumlah tertentu, steam dipakai sebagai pemanas hingga menghasilkan refluks. Uap yang terbentuk setelah dikondensasi akan masuk ke unit dekanter, hasil atas direfluks ke kolom distilasi sedang hasil bawah direcovery. Reaksi dilanjutkan dengan beroperasi kira-kira 87°C sampai tidak ada air yang terpisahkan. Alkohol dimasukkan ke dalam reaksi, temperatur kolom naik sampai 126°C , sehingga dapat diperoleh butil asetat.

2). Proses kontinyu

Proses dijalankan dengan reaktor CSTR (*Continue Stirred Tank Reactor*). Butil alkohol, asam asetat dan katalis dimasukkan ke dalam reaktor esterifikasi dan campuran tersebut menghasilkan refluks melalui kolom esterifikasi. Air dari reaksi dipindahkan pada proses dekanter, hasil atas dikembalikan ke reaktor esterifikasi dan airnya dibuang. Produk ester mentah menjadi lapisan atas pada proses dekanter. Sebagian dari produk mentah ini diumpankan ke bagian atas kolom esterifikasi sebagai refluks untuk kontrol temperatur, dan sisanya diumpankan ke kolom distilasi (*low boiler*) untuk purifikasi (proses



pembersihan). Residu butil alkohol dan air dipindahkan dari atas kolom distilasi dan dikembalikan ke reaktor esterifikasi. Ester keluar kolom distilasi ke tangki uap dan dipisahkan dari impuritas dengan kolom penyaringan. Ester yang sudah murni dimasukkan ke tangki analisis untuk analisis spesifikasi, dan setelah itu dipindahkan ke tangki penyimpanan (Mc Ketta, 1977).

1.4.2 Kegunaan Produk

Butil asetat merupakan *solvent* dengan titik didih menengah (*medium boiling solvent*), yang secara cepat melarutkan resin-resin dan memberikan ketahanan pada lapisan pelindung. Dengan kecepatan relatif penguapan 1,0 (butil asetat adalah pelarut standar untuk menentukan kecepatan penguapan pelarut). Butil asetat menguap cukup cepat sehingga menghasilkan lapisan pelindung yang cepat mengering, tetapi tidak sampai mengakibatkan perubahan warna (kemerahan) pada kondisi normal.

Butil asetat merupakan *solvent* aktif untuk *film former* seperti selulosa nitrat, selulosa asetat butirat, etil selulosa, *chlorinated rubber*, *polystyrene*, dan resin *methacrylate*. Beberapa getah alam seperti kauri, manila, poutianak, dan damar larut dalam Butil asetat.

Sebagai *protective coating*, butil asetat dapat digunakan sebagai pelarut pada kerajinan kulit, tekstil dan plastik. Dapat juga digunakan sebagai *solvent* ekstraksi pada proses bermacam-macam minyak dan obat-obatan. Kegunaan lainnya sebagai bahan untuk parfum, dan sebagai komponen pada aroma sintetis seperti aprikot, pisang, pir, nanas, delima, dan *rashberry* (Mc Ketta, 1977).

1.4.3 Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

a Bahan baku

1. Butanol

Sifat Fisis :

Rumus Kimia

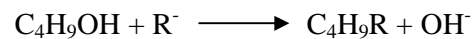
: C_4H_9OH



Berat Molekul	: 74,12 g/mol
Titik Didih	: 117°C
Titik Leleh	: -89,3°C
Temperatur Kritis	: 289,9°C
Tekanan Kritis	: 44,23 Mpa
Volume kritis	: 0,275 m ³ /kmol
Densitas	: 0,81 g/ml
Fase	: Cair
Kelarutan dalam 100 ml air	: 9 ml
Kenampakan	: Jernih
Spesifik Gravity 60°F	: 0,8155
Sinonim	: 1-Butanol, Butil alkohol (Perry,1997)

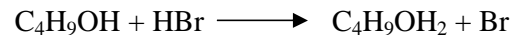
Sifat Kimia:

1. Reaksi butanol dengan alkil halide



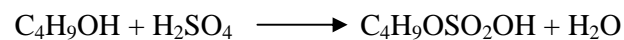
2. Karbonasi

Reaksi antara butanol dengan HBr



3. Dehidrasi

Butil alkohol direaksikan dengan asam sulfat akan membentuk butil asam sulfat.



Bila butil alkohol pada temperatur tinggi dengan asam sulfat akan membentuk butil eter.



4. Oksidasi

Reaksi dengan sodium dikromat, butil alkohol akan teroksidasi membentuk butiraldehid.

(Kirk-Othmer, 1952)

2. Asam Asetat

Sifat Fisis :

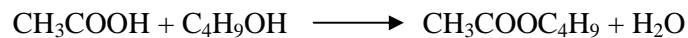
Rumus Kimia	: CH_3COOH
Berat Molekul	: 60,05 g/mol
Titik Didih	: 117°C
Titik Leleh	: $16,7^\circ\text{C}$
Temperatur Kritis	: $318,8^\circ\text{C}$
Tekanan Kritis	: 5,786 Mpa
Volume Kritis	: $0,1797 \text{ m}^3/\text{kmol}$
Densitas (0°C)	: 1,049 g/m
Fase	: Cair
Kelarutan dalam 100 gram air	: 1,5 g
Kenampakan	: Jernih
Spesifik Gravity 60°F	: 1,0542
Sinonim	: <i>Ethanoic acid</i> , <i>Vinegar acid</i>

(Perry, 1997)

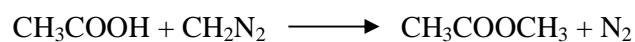
Sifat Kimia:

1. Esterifikasi

Asam asetat direaksikan dengan butanol membentuk butil asetat.

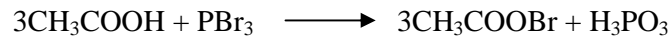
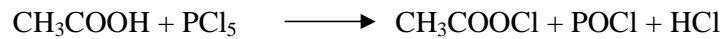
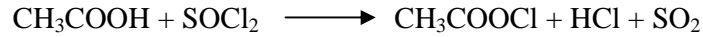


2. Reaksi asam asetat dengan diazomethane

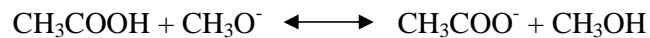




3. Asam asetat dengan *thionyl* klorida, phosphorus pentaklorida, dan phosphorus tribromida.



4. Asam asetat dengan sodium methoxide



(Kirk-Othmer, 1952)

b Produk

1. Butil Asetat

Sifat Fisis :

Rumus Kimia : $\text{CH}_3\text{COOC}_4\text{H}_9$

Berat Molekul : 116,16 g/mol

Titik Didih : 126°C

Titik Leleh : $-73,5^\circ\text{C}$

Temperatur Kritis : 306°C

Tekanan Kritis : 3,11 Mpa

Volume kritis : $0,389 \text{ m}^3/\text{kmol}$

Densitas (30°C) : 0,88 g/ml

Fase : cair

Kelarutan dalam 100 gram air : 0,7 g

Kenampakan : jernih

Spesifik gravity 60°F : 0,8879

Sinonim : *Butil ethanoate*

(Perry, 1997)

Sifat Kimia :

1. Hidrolisis asam

Butil asetat terhidrolisis berkatalis asam menjadi asam asetat dan butanol, dengan menggunakan air berlebihan untuk mendorong kesetimbangan kearah asam asetat dan butanol.

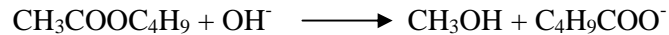




2. Hidrolisis basa (penyabunan)

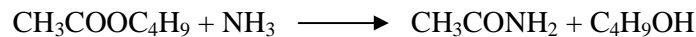
Reaksi berlangsung dalam suasana basa, hasil penyabunan ialah garam karboksilat. Asam bebas akan diperoleh bila larutan itu diasamkan.

Penyabunan :



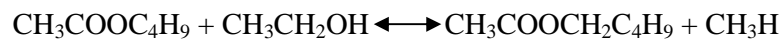
3. Amonolisis

Butil asetat bereaksi dengan amonia berair menghasilkan amida.



4. Trans esterifikasi

Reaksi transesterifikasi beranalogi langsung dengan hidrolisis dalam asam atau basa. Karena reaksi itu reversibel, biasanya digunakan alkohol awal secara berlebihan.

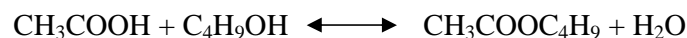


(Kirk-Othmer, 1952)

1.5 Tinjauan Proses Secara Umum

Butil asetat dibuat melalui proses esterifikasi menggunakan bahan baku butanol dan asam asetat dengan katalisator asam sulfat. Pada perancangan pabrik butil asetat ini menggunakan proses *batch* dengan pertimbangan proses pembuatan butil asetat secara komersial adalah dengan esterifikasi langsung antara butanol dengan asam asetat.

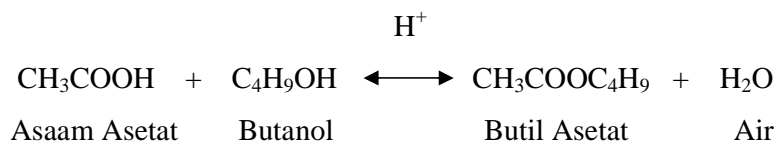
Reaksinya:



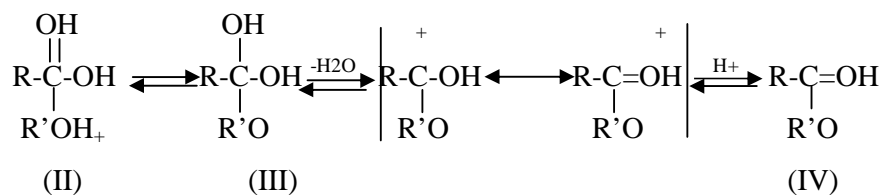
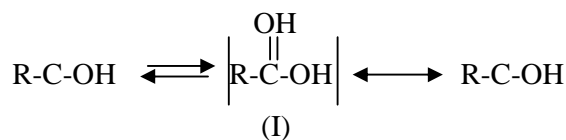
(Mc Ketta, 1977)

Butanol dan asam asetat dimasukan ke dalam reaktor, reaktor yang digunakan adalah reaktor *Batch*, reaksi berjalan dengan bantuan katalis asam sulfat.

Reaksi :



Proses putusnya ikatan tersebut dapat diterangkan secara umum dengan struktur elektron dari reaktan dan produk.

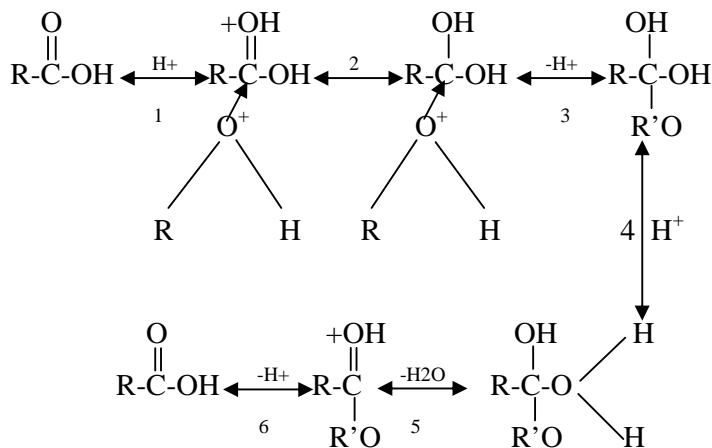


1. Proton menyerang karbonil oksigen yang terpolarisasi negatif untuk memproduksi sebuah ion oksonium (I). Gugus karbonil-oksigen kemudian menjadi lebih positif dan lebih mudah diserang molekul nukleofilik.
2. Penyerangan (I) oleh molekul akan memproduksi produk tambahan (*addition product*), yang dapat membentuk intermediate kedua dengan perpindahan proton.
3. Kehilangan sebuah molekul air dari senyawa (III) karena aksi proton akan menghasilkan ester (IV).

1. Esterifikasi Katalitik

Reaksi esterifikasi dapat dipercepat dengan penambahan asam kuat, seperti asam sulfat, asam sulfonat, asam metil sulfonat (*methane sulfonic acid*). Katalis hanya menaikkan kecepatan esterifikasi tetapi tidak merubah kesetimbangan reaksi. Dengan adanya katalis berupa asam kuat, dapat menambah muatan positif, sehingga asam akan mengesterifikasi dengan cepat (Groggins, 1985).

Mekanisme esterifikasi dengan katalis asam dapat dijelaskan sebagai berikut :



- (1) Gugus karbonil dari asam terprotonasi secara reversibel. Langkah ini menjelaskan bagaimana katalis asam bekerja. Protonasi meningkatkan muatan positif pada karbon karboksil dan menambah reaktivitasnya terhadap nukleofili.
- (2) Inilah langkah yang menentukan. Alkohol, sebagai nukleofili, menyerang karbon karbonil dari asam yang terprotonasi. Inilah langkah yang membentuk ikatan baru C-O (ikatan ester).
- (3) dan (4) Kedua langkah ini merupakan kesetimbangan yang mana oksigennya lepas atau memperoleh proton. Kesetimbangan asam-basa seperti ini bersifat reversibel dan berlangsung cepat dan terus menerus berjalan dalam larutan bersuasana asam dari senyawa yang mengandung oksigen. Pada langkah (4), tidak masalah mana gugus -OH yang terprotonasi karena gugus-gugus tersebut setara.
- (5) Pada langkah ini terbentuk air, yaitu satu produk dari reaksi keseluruhan. Supaya langkah ini berlangsung, gugus -OH harus terprotonasi untuk meningkatkan kapasitas gugus perginya. Langkah ini serupa dengan kebalikan dari langkah (2).



- (6) Langkah deprotonasi ini menghasilkan ester dan meregenasi katalis asam. Langkah ini serupa dengan kebalikan dari langkah (1) (Hart Harold, 1990).

Asam sulfat dipilih sebagai katalisator karena efisiensinya, harganya murah, efek korosi terhadap logam lebih rendah dari pada asam-asam lain. Namun begitu, bila temperatur terlalu tinggi dan digunakan terlalu banyak, asam sulfat dapat mendehidrasi alkohol yang digunakan. Oleh karenanya, untuk mengatasi efek korosi dari asam organik dan asam sulfat pada temperatur yang relatif tinggi, peralatan yang digunakan berupa *stainless steel* atau *carbon steel* (Mc Ketta, 1977).

2. Penyempurnaan Esterifikasi

Karena esterifikasi antara alkohol dan asam organik merupakan reaksi kesetimbangan, reaksi ini tidak selalu mendekati sempurna. Konversi kira-kira 100% dapat tercapai dengan memindahkan salah satu produk yang terbentuk, ester, atau air untuk reaksi esterifikasi mencapai kesetimbangan atau tidak mencapai kesetimbangan. Berbagai macam metode distilasi dapat dipakai untuk menghasilkan ester, dan produk air dibersihkan dari reaksi esterifikasi (Kirk Othmer, 1992).

Esterifikasi butanol dengan asam asetat adalah reaksi kesetimbangan, untuk meningkatkan *yield* maka kesetimbangan diubah dengan memisahkan satu dari produk reaksi, agar ester yang diperoleh dengan *yield* dan konversi tinggi.

Suatu cara untuk menyempurnakan esterifikasi dapat dilakukan dengan dua cara:

1. Memisahkan air yang terbentuk. Bila asam, alkohol, dan ester non volatil, campuran dipanaskan sampai 200°C atau lebih tanpa



menggunakan katalis untuk memisahkan air. Atau melewati uap *superheated* ke dalam campuran, sehingga air terbawa keluar.

2. Bila salah satu atau keduanya (asam dan alkohol) volatil, reaksi disempurnakan dengan mendistilasi air hasil reaksi, umumnya sebagai *azeotrop*. Umumnya *azeotrop* dipilih yang memiliki titik didih di bawah 100°C, yang akan terkondensasi menjadi dua fase. Fase *nonaqueous* dikembalikan ke kolom sebagai *over flow*, fase *aqueous* keluar dari bawah separator. Pada ester yang volatil, akan terbentuk *ternary* dan *binary azeotrop*. *Ternary azeotrop* antara alkohol, ester, dan air, sedang *binary azeotrop* antara ester dan air (Groggins, 1958).

Alkohol, ester dan air yang keluar sebagai hasil puncak menara distilasi, akan dipisahkan airnya dengan dekanter. Lapisan atas dekanter kaya akan butil asetat sebagai produk, sedangkan lapisan bawah dekanter kaya akan air, dikembalikan ke reaktor. Dari kolom distilasi didapatkan produk campuran (butil asetat dan air) sebagai hasil bawah menara distilasi yang selanjutnya akan dimurnikan lagi di menara distilasi berikutnya, untuk mempertinggi kadar butil asetat diproduksi akhir (Mc Ketta, 1977).

Pada perancangan ini metode penyempurnaan esterifikasi yang dipakai adalah metode yang kedua.